



Second Semester Examination
Academic Session 2018/2019

June 2019

EMM 342 – Noise & Vibration
[Hingar & Getaran]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **ELEVEN** [11] printed pages including appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS** [11] mukasurat bercetak beserta lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL SIX** [6] questions.
[ARAHAN : Jawab SEMUA ENAM [6] soalan.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

1. [a] There are various kinds of vibration phenomenon that can happened in our life. With the help of sketch, explain and suggest ONE real example of each of the following phenomenon.

Terdapat pelbagai jenis fenomena getaran yang boleh berlaku dalam kehidupan kita. Dengan bantuan lakaran, terangkan dan cadangkan SATU contoh sebenar untuk setiap fenomena berikut:

- (i) **Free damped vibration.**

Getaran bebas teredam.

- (ii) **Forced undamped vibration.**

Getaran paksa tidak teredam.

- (iii) **Undeterministic vibration.**

Getaran tidak berketentuan.

- (iv) **Non-linear vibration.**

Getaran tak linear.

(40 marks/markah)

- [b] Figure 1[b] shows a vehicle that can oscillate in the vertical direction while traveling over an uneven road. The mass of the vehicle is 1200 kg and the suspension system has a stiffness constant of 400 kN/m and damping ratio of 0.5. The road surface varies sinusoidally with an amplitude of $Y = 0.05$ m and a wavelength of 6 m.

Rajah 1[b] menunjukkan kenderaan yang boleh berayun ke arah menegak ketika melakukan perjalanan di jalan yang tidak rata. Jisim kenderaan itu 1200 kg dan sistem gantung mempunyai pemalar kekakuan 400 kN/m dan nisbah redaman 0.5. Permukaan jalan berbeza secara sinusoidal dengan amplitud $Y = 0.05$ m dan jarak gelombang 6 m.

- (i) **Draw and label the free body diagram of the vehicle system with the road surface.**

Lukis dan label gambar rajah jasad bebas sistem kenderaan berserta permukaan jalan.

- (ii) If the vehicle speed is 20 km/h, determine the displacement amplitude of the vehicle. Explain your answer in term of displacement transmissibility and the effectiveness of the vehicle damping.

Jika kelajuan kenderaan adalah 20 km/j, tentukan amplitud sesaran kenderaan. Terangkan jawapan anda dari segi kebolehpindahan sesaran dan keberkesanan redaman kenderaan.

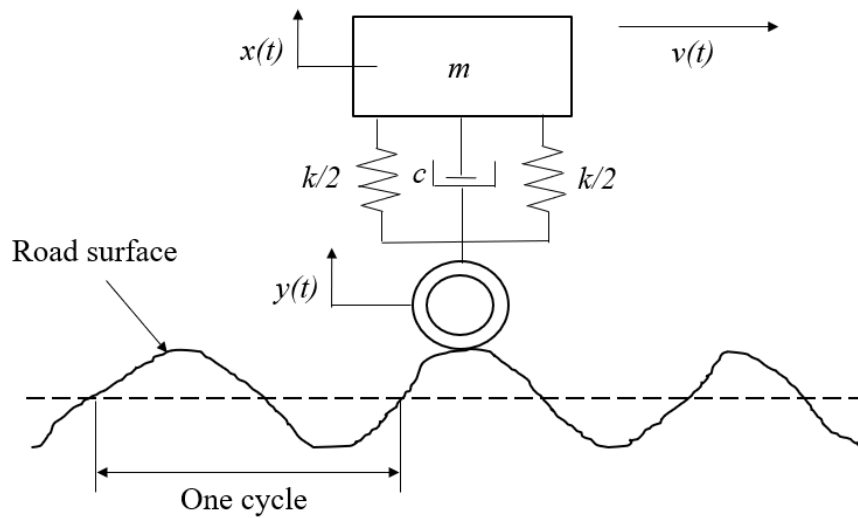


Figure 1 [b]
Rajah 1 [b]

(60 marks/markah)

2. A two level tower is planned to be built at the USM Engineering Campus for the center of students activities as shown in Figure 2. As a Vibration Consultant Engineer, you have been assigned to determine the natural frequencies of the building structure for the study of vibration effects. The stiffness of each column is given by $k = 12EI / h^3$, where $EI = 45 \times 10^3 \text{ kNm}^2$

Menara dua tingkat telah dirancang untuk dibina di Kampus Kejuruteraan USM untuk dijadikan pusat kegiatan pelajar seperti ditunjukkan dalam Rajah 2. Sebagai Jurutera Perundingan Getaran, anda telah ditugaskan untuk menentukan frekuensi-frekuensi asli struktur bangunan tersebut untuk kajian kesan getaran. Kekakuan setiap lajur diberikan oleh $k = 12EI / h^3$, di mana $EI = 45 \times 10^3 \text{ kNm}^2$.

- (i) Draw the equivalent free body diagram of the two level tower. Lukiskan gambar rajah bebas setara bagi menara dua tingkat itu.
- (ii) Derive the equation of motion of the two level tower. Terbitkan persamaan gerakan bagi menara dua tingkat itu.

- (iii) If the tower is excited by the simple harmonic motion of $x(t) = X e^{i\omega t}$, determine the natural frequencies of the two level tower.

Jika menara diuja dengan gerakan harmonik mudah $x(t) = X e^{i\omega t}$, tentukan frekuensi-frekuensi asli bagi menara dua tingkat itu.

- (iii) Assuming that the first natural frequency has a lower amplitude than the second natural frequency, plot the frequency response function (FRF) graph of the two level tower.

Dengan mengandaikan bahawa frekuensi asli pertama mempunyai amplitud yang lebih rendah daripada frequency asli kedua, plot graf fungsi tindak balas frekuensi (FRF) bagi menara dua tingkat itu.

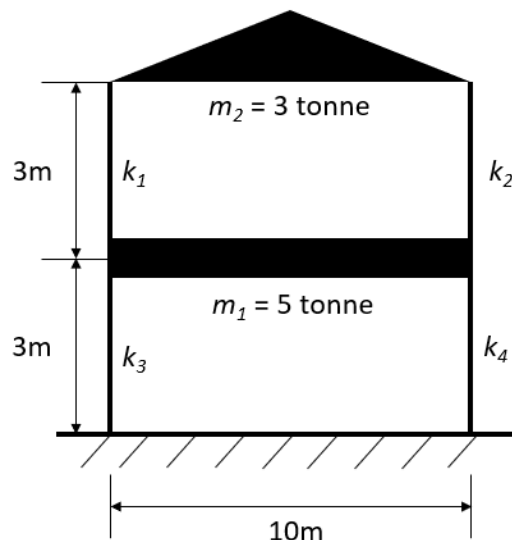


Figure 2
Rajah 2

(100 marks/markah)

3. In many applications, the excitation of a structure can come from rotating unbalanced mass.

Dalam banyak aplikasi, pengujaan struktur boleh datang daripada putaran jisim tidak seimbang.

- (i) Draw and label the free body diagram of the structure with rotating unbalanced mass.

Lukis dan label gambarajah jasad bebas struktur dengan putaran jisim tidak seimbang.

- (ii) With the help of sketch, discuss the effects of different frequency ratio values ($r < 1$, $r = 1$ and $r > 1$) to the system response (amplitude) for the case of underdamped rotating unbalanced mass system.

Dengan bantuan lakaran, bincangkan kesan-kesan nilai nisbah frekuensi yang berbeza ($r < 1$, $r = 1$ dan $r > 1$) kepada gerak balas sistem (ampitud) untuk kes sistem putaran jisim tidak seimbang yang kurang teredam.

- (iii) Installation of dynamic vibration absorber (DVA) can be one of the passive vibration control solution to reduce the vibration of the system with rotating unbalanced mass. With the help of sketch, discuss TWO (2) advantages and disadvantages of installing the DVA to the system.

Pemasangan penyerap getaran dinamik (DVA) boleh menjadi salah satu penyelesaian kawalan getaran pasif untuk mengurangkan getaran sistem dengan putaran jisim tidak seimbang. Dengan bantuan lakaran, bincangkan DUA(2) kelebihan dan kelemahan pemasangan DVA kepada sistem.

- (iv) Suggest and explain another TWO (2) vibration control methods to reduce the vibration of the system with rotating unbalanced mass.

Cadangkan dan terangkan DUA (2) kaedah kawalan getaran lain untuk mengurangkan getaran sistem dengan putaran jisim tidak seimbang.

(100 marks/markah)

4. [a] Sound is any pressure variation that can be detected by the human ear. Sound wave is produced when a vibrating object causes air particles to vibrate. Explain the differences between:

Bunyi adalah sebarang variasi tekanan yang dapat dikesan oleh telinga manusia. Gelombang bunyi dihasilkan apabila objek yang bergetar menyebabkan zarah udara bergetar. Terangkan perbezaan di antara:

- (i) Pure sine wave and complex wave.
Gelombang sinus tulen dan gelombang kompleks.
- (ii) Beat frequency formed by constructive and destructive wave interference.

Frekuensi rentak yang terbentuk daripada interferens gelombang membina dan memusnah.

- (iii) **Audible sound and ultrasonic sound.**
Bunyi boleh dengar dan bunyi ultrasonic.
- (iv) **Threshold of hearing and threshold of feeling.**
Ambang pendengaran dan ambang rasa.

(40 marks/markah)

- [b] A 12 watts speaker is located in a room and radiate sound into whole space of the room at 800 Hz as shown in Figure 4[b]. Evaluate the sound power level, acoustics intensity, intensity level, sound pressure and sound pressure level that could be measured at radial distance of 1.5 m from the speaker. Assume that the air is at 20 °C and 1 atm.

Satu pembesar suara dengan kuasa 12 watts terletak dalam satu bilik dan menyebarkan bunyi ke dalam ruang bilik pada frekuensi 800 Hz ditunjukkan dalam Rajah 4[b]. Tentukan paras kuasa bunyi, keamatan akustik, paras keamatan, tekanan bunyi dan paras tekanan bunyi yang dapat diukur pada jarak jejari 1.5 m dari pembesar suara tersebut. Anggap udara pada 20 °C dan tekanan 1 atm.

(40 marks/markah)

- [c] Figure 4[c] shows an electric motor mounted on a metal plate base. Suggest TWO [2] possible method in reducing the noise level produced by the electric motor mounting.

Rajah 4[c] menunjukkan sebuah motor elektrik yang dipasang pada tapak plat keluli. Cadangkan DUA [2] kaedah bagi mengurangkan paras hingar yang terhasil daripada pemasangan motor elektrik.

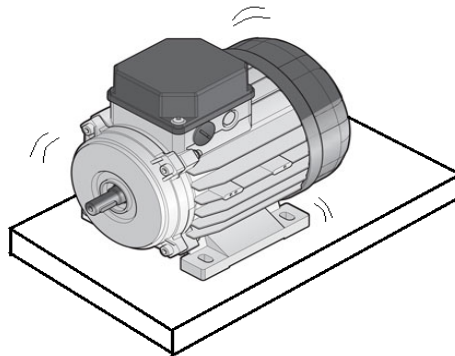


Figure 4[c]
Rajah 4[c]

(20 marks/markah)

5. [a] Free field and diffuse field measurement are different type of sound field measurement that use in measuring different acoustic conditions. Discuss the differences between the free field and diffuse field measurement including their definition, measurement method, and microphone selection.

Pengukuran medan bebas dan medan resap merupakan jenis pengukuran medan suara berlainan yang digunakan untuk mengukur keadaan akustik yang berlainan. Bincangkan perbezaan-perbezaan di antara pengukuran medan bebas and pengukuran medan resap termasuk definasi, cara pengukuran dan pemilihan mikrofon.

(40 marks/markah)

- [b] A workshop of lathe machining is reported to produce high noise level. A measurement has been performed by an assistant engineer to evaluate the sound pressure level in the workshop. The measurement is done at a particular location in the workshop with and without the operation of lathe machines. The measurement results are given in Figure 5[b] as below.

Bengkel pemesinan larik dilaporkan telah menghasilkan paras hingar yang tinggi. Pengukuran telah dilakukan oleh pembantu jurutera untuk menilai paras tekanan bunyi di dalam bengkel. Pengukuran dilakukan pada lokasi tertentu dalam bengkel dengan keadaan ada dan tiada operasi mesin larik. Keputusan pengukuran paras tekanan bunyi ditunjukkan dalam Rajah 5[b] seperti di bawah.

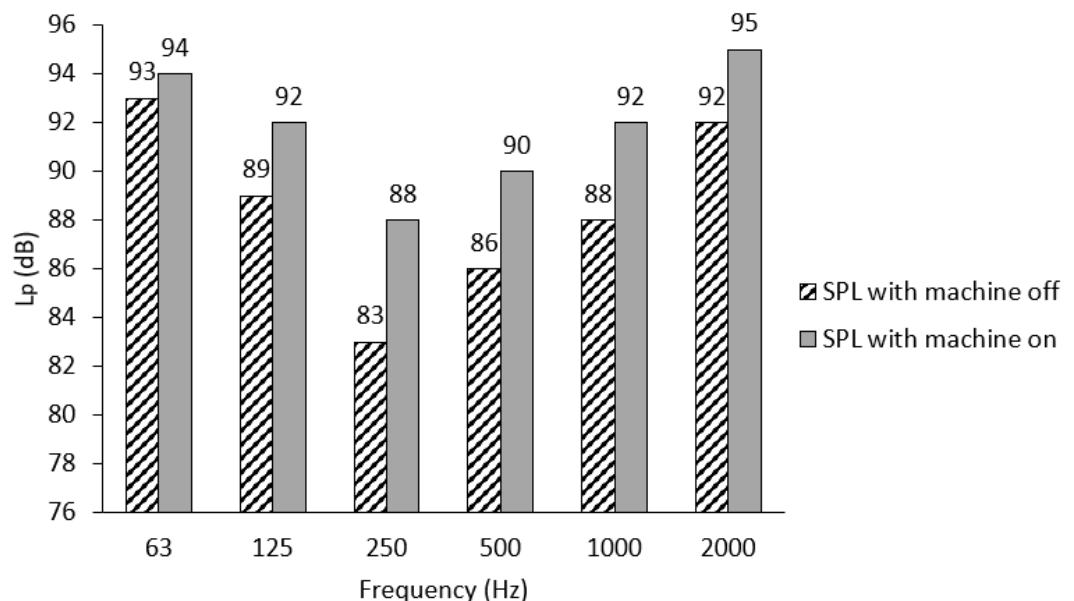


Figure 5[b]

Rajah 5[b]

- (i) **Determine the equivalent A-weighted sound level (in dB(A)) due to the machines only by referring to Table 5[b].**

Tentukan paras tekanan bunyi padanan dengan pemberat-A (dalam dB(A)) yang dihasilkan oleh mesin-mesin sahaja dengan merujuk ke Jadual 5[b].

- (ii) **Discuss THREE (3) techniques to control the noise from the lathe machines based on the noise control principles.**

Jelaskan TIGA (3) teknik untuk mengawal hingar daripada mesin larik berdasarkan prinsip-prinsip kawalan hingar.

Table 5[b]
Jadual 5[b]

Frequency (Hz)	A weighting (dB)
10	-70.4
12.5	-63.4
16	-56.7
20	-50.5
25	-44.7
31.5	-39.4
40	-34.6
50	-30.2
63	-26.2
80	-22.5
100	-19.1
125	-16.1
160	-13.4
200	-10.9
250	-8.6
315	-6.6
400	-4.8
500	-3.2
630	-1.9
800	-0.8
1,000	0
1,250	+0.6
1,600	+1.0
2,000	+1.2
2,500	+1.3
3,150	+1.2
4,000	+1.0
5,000	+0.5
6,300	-0.1
8,000	-1.1
10,000	-2.5
12,500	-4.3
16,000	-6.6
20,000	-9.3

(60 marks/markah)

6. [a] Explain reverberation time and suggest the method that can be used to achieve the desirable reverberation time for a lecture hall and a musical hall.

Terangkan masa gema dan cadangkan kaedah yang boleh digunakan untuk mendapatkan masa gema yang dikehendaki untuk dewan kuliah dan dewan muzik.

(40 marks/markah)

- [b] Figure 6 shows a room with dimension of 5 m x 7 m x 10 m with a 10 microwatt (10^{-5} W) sound source located in the center of the 4m wall where the ceiling and wall meet as shown in Figure 6[b]. The absorption coefficients associated with the room are: walls $\alpha = 0.05$, floor $\alpha = 0.2$, and ceiling $\alpha = 0.35$. There is a door with dimension of 3 m x 1 m built in one of the wall with $\alpha = 0.3$ and a window with dimension of 1 m x 1 m and $\alpha = 0.2$ is built on the same wall.

Rajah 6 menunjukkan satu bilik berukuran 5 m x 7 m x 10 m mempunyai sumber bunyi 10 mikroWatt (10^{-5} W) yang terletak di titik tengah dinding 4m di mana dinding dan bumbung bertemu seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6[b]. Pekali penyerapan untuk bilik tersebut ialah: dinding $\alpha = 0.05$, lantai $\alpha = 0.2$, dan bumbung $\alpha = 0.35$. Juga, satu pintu berukuran 3 m x 1 m dibina di atas salah satu dinding dengan pekali penyerapan $\alpha = 0.3$. Terdapat juga satu tingkap berukuran 1 m x 1 m dan $\alpha = 0.2$ telah dibina di dinding yang sama.

- (i) Predict reverberation time in the room.

Kirakan masa gema di dalam dewan tersebut.

- (ii) Find the sound pressure level at 1.5 m from the source for the reverberant field.

Kirakan paras tekanan bunyi pada jarak 1.5 m daripada sumber bunyi tersebut untuk lapang gema.

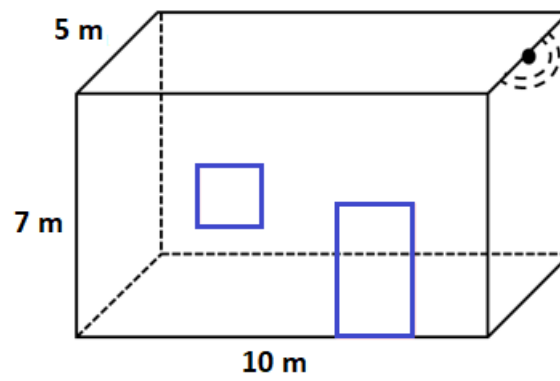


Figure 6[b]
Rajah 6[b]

(60 marks/markah)

-oooOooo-

APPENDIX 1
LAMPIRAN 1

Fundamental Equations in Vibration

Persamaan Asas Getaran

$$X = \frac{(k_a - m_a \omega^2) F_0}{(k + k_a - m \omega^2)(k_a - m_a \omega^2) - k_a^2} \quad X_a = \frac{k_a F_0}{(k + k_a - m \omega^2)(k_a - m_a \omega^2) - k_a^2}$$

$$\frac{X}{Y} = \left\{ \frac{1 + (2\xi r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2} \right\}^{1/2} \quad \frac{MX}{me} = \frac{r^2}{[(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2]^{1/2}} \quad \lambda = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

